

# LIXIVIAÇÃO DE CÁTIOS E ÂNIONS EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE VINHAÇA E NITROGÊNIO EM SOLO AGRÍCOLA

ALEX OLIVEIRA<sup>1</sup>; ALINE R. COSCIONE<sup>2</sup>; CRISTIANO A. ANDRADE<sup>3</sup>

Nº 10101

## RESUMO

Na produção de etanol de cana-de-açúcar é gerado um resíduo líquido denominado vinhaça, cuja proporção é de 13 L de resíduo para cada 1 L de etanol. O solo tem sido o destino da vinhaça, uma vez que possui teores apreciáveis de potássio, funcionando como fertilizante para a cana-de-açúcar. Recentemente a CETESB, órgão ambiental do Estado de São Paulo, normatizou o uso agrícola da vinhaça, e as doses passaram a ser definidas pelo potássio no solo, na vinhaça e exigência de K da cultura. Entretanto, a dinâmica do nitrogênio da vinhaça é negligenciada na norma da CETESB que disciplina o uso agrícola desse resíduo, o que pode resultar em risco potencial de lixiviação de nitrato para águas subterrâneas em áreas canavieiras.

A pesquisa foi desenvolvida sob condições controladas de laboratório, utilizando-se de amostra de solo que nunca recebeu vinhaça, coletado nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Foram aplicados os seguintes tratamentos: fontes de K<sub>2</sub>O (KCl, vinhaça mosto misto, equivalente a 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e a aplicação de N via uréia (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N). Os parâmetros determinados foram: pH, CE, K, Na, N total, N-amoniacal e N-nitrico.

## ABSTRACT

In the production of sugarcane ethanol fuel, a liquid residue is produced, called vinasse, in the proportion of 13 liters of residue for 1 liter of ethanol. The soil is the final destination of this vinasse because it has high amounts of potassium, working as a fertilizer for the sugarcane. Recently CETESB, the environmental agency of São Paulo State, set the rules for the agricultural use of vinasse, and the doses were defined by the amount of potassium in the soil, in the vinasse and in the crops. However, the amount of nitrogen in the vinasse was not covered in the norms of CETESB that deal with the agricultural use of the residue, and that can cause the nitrate to move to the underground water in the sugarcane area.

The research was developed under controlled laboratory conditions, using soil samples that were never treated with vinasse. The soil was taken from the depths of 0-20, 20-40 and 40-60 cm. The following processes were used: sources of K<sub>2</sub>O (KCl, mixed vinasse, at the rate

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduando em Engenharia Ambiental, Puc-Campinas, Campinas-SP, alexpuc@gmail.com.

<sup>2</sup> Orientadora: Pesquisadora do Centro de Solos e Recursos Ambientais do IAC, Campinas-SP.

<sup>3</sup> Colaborador: Pesquisador do Centro de Solos e Recursos Ambientais do IAC, Campinas-SP.

of 120 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O) and the application of nitrogen via urea (0, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup> of N). The parameter settings were: pH, CE, K, Na, total N, ammonium and nitrate.

## INTRODUÇÃO

O interesse pelo uso do álcool como combustível tem sido uma tendência mundial. Vários países têm interesse em importar o etanol para uso industrial ou como combustível, neste último caso, seja por razões ambientais ou na busca de uma alternativa para minimizar a dependência do petróleo, em razão de sucessivos aumentos no preço do combustível fóssil (Scandiffio e Furtado, 2005).

O Projeto Etanol, conduzido pelo Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), desenvolveu um panorama do futuro energético brasileiro no qual estima que, em 2025, a demanda mundial de gasolina para veículos leves será de 1,7 trilhões de litros, um crescimento de 48% em relação ao 1,15 trilhões de litros consumidos em 2005. Por conta disso, a principal meta é que, para permanecer entre os maiores produtores mundiais de etanol, o Brasil deverá ter uma produção que seja suficiente para substituir 10% da demanda por gasolina em 2025. Se tal meta for atingida, considerando que para cada litro de etanol sejam produzidos, em média, 13 litros de vinhaça, esse valor corresponderá a, aproximadamente, três trilhões de litros de vinhaça produzidos anualmente.

De maneira geral, a utilização da vinhaça no solo pode alterar seus atributos químicos, favorecendo o aumento da disponibilidade de alguns elementos para as plantas. Por outro lado, a vinhaça também pode promover modificações dos atributos físicos do solo, de duas formas distintas: melhorar a agregação, ocasionando a elevação da capacidade de infiltração da água no solo e, conseqüentemente, aumentar a probabilidade de lixiviação de íons, de forma a contaminar as águas subterrâneas quando em concentrações elevadas. A outra forma seria a de promover a dispersão de partículas do solo, com redução da sua taxa de infiltração de água e elevação do escoamento superficial, com possível contaminação de águas superficiais. Pelo fato de haver diferentes tipos de solo e composições de vinhaça, os resultados dos estudos sobre vinhaça e poluição de águas subterrâneas são bastante variáveis; contudo, existe consenso de que sua disposição deve ser efetuada de acordo com a capacidade do solo em trocar e reter íons (Silva *et al.*, 2007).

O objetivo deste projeto é avaliar a lixiviação de cátions e ânions em função da aplicação de vinhaça como fonte de potássio, bem como verificar o efeito adicional do uso de fonte mineral de nitrogênio na lixiviação de nitrato no solo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

As amostras de solo foram caracterizadas quanto à fertilidade (Raij et al., 1997) e quanto à granulometria (Camargo et al., 1984). As amostras de vinhaça foram caracterizadas segundo a Norma Técnica P4.231 (CETESB, 2005).

O experimento foi montado utilizando-se colunas de PVC com 60 cm de altura e 11 cm de diâmetro. Cada coluna foi preenchida com amostras do solo coletadas em três profundidades (0 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm) de modo a remontar a sequência de camadas, tais quais ocorrem no campo.

Os tratamentos foram constituídos por 2 fontes de  $K_2O$ , das quais fazem parte a vinhaça mosto misto e o Cloreto de potássio (KCl). As doses aplicadas de N (via uréia) correspondem a 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, o experimento foi dividido da seguinte forma: Vinhaça + Dose de N e KCl + Dose de N, em delineamento já definido, com quatro repetições para cada tratamento, num total de 32 colunas ou unidades experimentais.

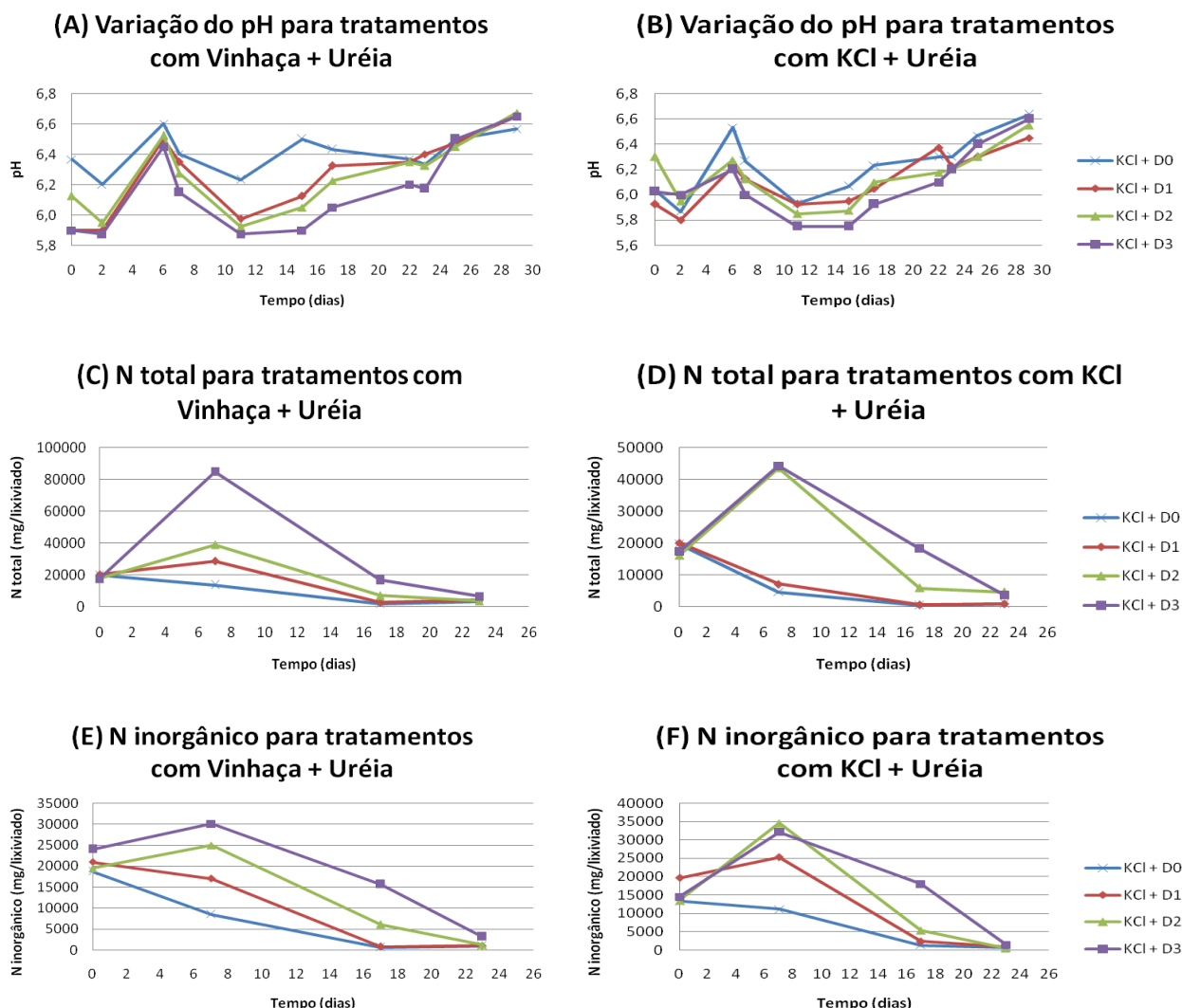
A umidade do solo (de cada coluna) foi ajustada com água deionizada a 70% da capacidade de campo, o equivalente a 800 mL de H<sub>2</sub>O deionizada, permanecendo assim durante todo o período experimental (quarenta e um dias, sendo 12 dias de repouso após aplicação do tratamento e 29 dias nos quais periodicamente foi feita a lixiviação). Todos os tratamentos (KCl ou vinhaça e fertilizante nitrogenado) foram adicionados no topo das colunas permanecendo em repouso por doze dias antes que se iniciasse o processo de lixiviação. No decorrer das lixiviações foi adicionado o volume de água deionizada em excesso para recuperação de aproximadamente 100 a 500 mL por coluna, em cada lixiviação. Menores volumes foram recuperados nos tempos iniciais de incubação, evitando-se diluição excessiva das espécies químicas presentes e prejuízo a determinação analítica no laboratório, além de serem registrados para posterior balanços de massas. O sistema de adição de água se deu por gotejamento, de forma que a frente de molhamento se movimenta lentamente pela coluna, evitando-se também fluxo preferencial pelas laterais.

Ao longo dos 29 dias de incubação do solo, foram onze tempos de avaliação dos lixiviados (0, 2, 6, 7, 11, 15, 17, 22, 23, 25 e 29 dias), com determinações de pH, condutividade elétrica (CE), K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, N-Total, N-nítrico e N-amoniaco, conforme metodologia descrita em Eaton (2001).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O nitrogênio da uréia mineraliza rapidamente formando nitrato e tende a baixar o pH logo após a aplicação dos tratamentos e início da lixiviação. Trabalhos anteriores do nosso grupo de pesquisa mostram que a mineralização da vinhaça é um pouco mais lenta. A

figura 1 demonstra essa dinâmica e como o pH tende a normalizar novamente após a mineralização do nitrogênio, pois com a lixiviação há deslocamento dos íons  $H^+$  para fora das colunas.



**Figura 1: Variação do pH (A e B), comportamento do N total (C e D) e N inorgânico (E e F) para os tratamentos com vinhaça e KCl, ambos com aplicações em quantidades diferentes de uréia como fonte de fertilizante mineral.**

Analisando graficamente as determinações verifica-se que o potássio se comportou de forma similar ao nitrogênio no período inicial de incubação (figura 2) indicando que o nitrato pode ter formado par iônico com o potássio e sido lixiviado nesse período. O par iônico preferencial do nitrato deve ser o potásio devido à adição de uma concentração elevada deste elemento nos tratamentos, como adubação potássica para a cana-de-açúcar.

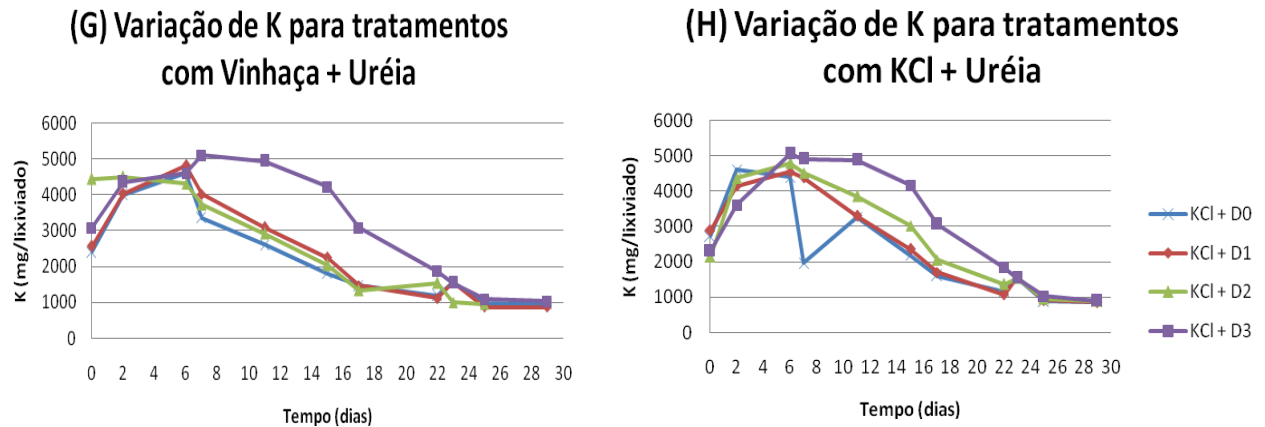


Figura 2: Comportamento do potássio proveniente da vinhaça(G) e do KCl (H) ao longo do período de incubação

## CONCLUSÃO

- 1 - A mineralização do nitrogênio ocorre rapidamente disponibilizando nitrogênio inorgânico, preferencialmente nitrato, que é facilmente lixiviado pelos 60 cm de solo das colunas.
- 2 - A lixiviação de quantidades excessivas de nitrato pode acarretar em poluição de recursos hídricos subterrâneos por lixiviação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLETIM TÉCNICO PLANALSUCAR. Piracicaba, v. 5, nº 1, Janeiro, 1983, 38 p.
- CAMARGO, O. A. de; BERTON, R.S.; GERALDI, R.N.; VALADARES, J.M.A. da S. Alterações de características químicas de um latossolo Roxo distrófico incubado com resíduos da indústria álcool-açucareira. Boletim Técnico nº 76. Instituto Agrônomo, Campinas, SP, 30p. 1983.
- CAMARGO, O.A. de.; VALADARES, J.M.A.S. DA.; BERTON, R.S.; SOBRINHO T.J. Aplicação de vinhaça no solo e efeito no teor de nitrogênio, fósforo e enxofre inorgânicos e no de alguns metais pesados. Boletim Técnico IAC. Instituto de Agronomia de Campinas, Campinas, SP, (8), 15p. 1984.
- CEMBRANELLI, M.A.R. Dinâmica do nitrogênio e íons em colunas com solos que receberam o fertilizante nitrogenado ajifer L40. Dissertação (Mestrado), Instituto Agrônomo, Campinas, 65p., 2006.
- CETESB Norma Técnica P4.231 - Vinhaça - Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola - jan/2005.

CETESB. Critérios para aplicação de biossólidos em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação. São Paulo: CETESB, 32 P., 1999.

COSCIONE, A.R.; de ANDRADE, J.C. Protocolos para avaliação da dinâmica de resíduos orgânicos no solo (capítulo 10). In: de ANDRADE, J.C.; de ABREU, M.F. (editores). Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais. Editora IAC, Campinas, 2006, 178 p.

EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GRENNBERG, A.E. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2000. 1082p.

GLÓRIA, N.A.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação de vinhaça: um resumo e discussões sobre o que foi pesquisado. Álcool e Açúcar, v.4, n.15, p.22-31, 1984.

MAGISTRA. Publicação técnico-científica dos docentes e discentes da escola de agronomia da Universidade Federal da Bahia Cruz das Almas, 1983.

MATTIAZZO, M.E.; GLÓRIA, N.A. da. Effect of vinasse on soil acidity. Water Science and Technology London, 19(7):1293-96, 1987.

MATTIAZZO-PREZOTTO, M.E. Fracionamento de fósforo de solos incubados com vinhaça. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Piracicaba, São Paulo, Fevereiro 1979.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas: Fundação Cargill, 1987, 170p.

ROMERO, T. Metas para o etanol. Agência FAPESP. Março, 2007.

ROSSETTO, R. Inovações no uso de resíduos da indústria canavieira (em fase de publicação) EMBRAPA, 2007.

SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.1, p.108–114, 2007.